

## **Ion beam machining control for lenses - using simulated machining strategy for computer control of aperture system**

**Publication number:** DE4108404

**Publication date:** 1991-10-10

**Inventor:** NICKEL ANDREAS (DE); BIGL FRIEDER PROF DR (DE); HAENSEL THOMAS DR RER NAT (DE); SCHINDLER AXEL DR RER NAT (DE); RETSCHKE BERNHARD DIPL PHYS (DE); ULLRICH GERT DIPL ING (DE)

**Applicant:** JENOPTIK JENA GMBH (DE)

**Classification:**

- international: **H01J37/304; H01J37/305; H01J37/30; H01J37/305;**  
(IPC1-7): C23F4/04; H01J37/34

- European: H01J37/304; H01J37/305

**Application number:** DE19914108404 19910315

**Priority number(s):** DD19900339568 19900409

**Also published as:**



DD298750 (A5)

**Report a data error here**

### **Abstract of DE4108404**

Ion beam machining control, esp. for surface correction in the finish machining of optical functional faces, comprises modifying an ion beam, leaving a broad beam ion source, w.r.t. determined correction values by means of an aperture system. The novelty is that the ion beam is modified by the position, shape and opening time variation of an aperture system comprising three or more apertures which are independently, linearly moved. The system is operated w.r.t. simulation machining strategy by a digital computer control system, the strategy derived from the correction data while comprising ion beam parameters, material properties, surface shape and the requisite precision. USE/ADVANTAGE - Useful in the finish machining of lenses or mirrors for high performance optics or for shaping of (micro-)mechanical or electronic components. It allows time-optimised local and zonal surface machining to predetermined precision requirements.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 41 08 404 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
C 23 F 4/04  
H 01 J 37/34

②① Aktenzeichen: P 41 08 404.7-42  
②② Anmeldetag: 15. 3. 91  
④③ Offenlegungstag: 10. 10. 91  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 8. 94

DE 41 08 404 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
09.04.90 DD WP B 24 B/339568

⑦③ Patentinhaber:  
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦② Erfinder:  
Nickel, Andreas, Dipl.-Math., O-7010 Leipzig, DE;  
Bigl, Frieder, Prof. Dr.sc., O-7034 Leipzig, DE;  
Hänsel, Thomas, Dr.rer.nat., O-7060 Leipzig, DE;  
Schindler, Axel, Dr.rer.nat., O-7010 Leipzig, DE;  
Retschke, Bernhard, Dipl.-Phys., O-6900 Jena, DE;  
Ullrich, Gert, Dipl.-Ing., O-6900 Jena, DE

⑤② Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	36 35 275 C2
US	36 99 334
US	35 48 189
EP	00 75 949 B1
SU	8 34 800

⑤④ Verfahren zur Steuerung der Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen

DE 41 08 404 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen unter Verwendung einer Breitstrahlionenquelle.

Das Verfahren kann beispielsweise bei der Endbearbeitung der Oberfläche von Komponenten, wie Linsen oder Spiegel von Hochleistungsoptiken, angewendet werden.

Darüber hinaus ist das Verfahren bei der Formgebung mechanischer, mikromechanischer oder elektronischer Komponenten bzw. Bauteile einsetzbar.

Bekannt sind Verfahren zur Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen, speziell zur Bearbeitung optischer Komponenten oder elektronischer Bauelemente zum Zweck der Formgebung von deren Oberflächen.

In US-PS 35 48 189 und US-PS 36 99 334 werden Feinstrahlverfahren beschrieben, bei denen die Oberflächenbearbeitung durch Ablenkung eines Strahles positiver Ionen von wenigen Millimeter Durchmesser und/oder kontrollierte Werkstückbewegung bei Variation der Stromdichte und/oder der Verweilzeit durchgeführt wird. Der wesentliche Nachteil dieser Verfahren besteht in der hohen Bearbeitungszeit.

Weiterhin sind Blendenverfahren bekannt, bei denen Breitstrahlionenquellen eingesetzt werden. Die erforderliche örtliche Variation der Stromdichte bzw. der Beschußzeit wird durch Metallblenden zwischen Ionenquelle und zu bearbeitender Oberfläche erreicht. Durch Verwendung einer Löchermaske, wobei die Anordnung und/oder unterschiedliche Größe der Löcher eine lokale Variation der Transparenz und damit der Ionenstromdichte die angestrebte Formgebung ermöglicht, wird ein gleichzeitiger zeitoptimaler Abtrag im Gesamtbereich der Oberfläche realisiert. Großen Vorteilen, speziell bei der Erzeugung allgemeiner Korrekturflächen, steht der Nachteil gegenüber, daß für die Korrektur von Einzelflächen jeweils eine spezielle Maske angefertigt werden muß.

Für weitere bekannte Blendenverfahren ist charakteristisch, daß durch Strahlbegrenzung mittels einschwenkbarer Festblenden und/oder Größenveränderung steuerbarer, beweglicher Blenden Teilgebiete der Oberfläche nacheinander bearbeitet werden. So wird in SU-PS 8 34 800 eine Lösung beschrieben, bei der eine steuerbare "Iris"-Strahlblende in Verbindung mit einer verschieb-, dreh- und neigbaren Werkstückhalterung und einer Meß- und Steuereinrichtung Verwendung findet, über die Art der Steuerung solcher Blendensysteme, insbesondere über Strategien zur Minimierung der Bearbeitungszeit bei der Erzeugung vorgegebener Korrekturprofile unter Berücksichtigung von Strahl- und Materialparametern sowie der angestrebten Genauigkeit ist nichts bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Steuerung der Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen zu entwickeln, welches unter Verwendung einer Breitstrahlionenquelle sowie eines Blendensystems bei feststehendem Werkstück eine lokale und zonale Oberflächenbearbeitung vorgegebener Genauigkeitsanforderungen zeitoptimiert ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Steuerung der Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen, insbesondere zur Oberflächenkorrektur bei der Endbearbeitung optischer Funktionsflächen, wobei ein von einer Breitstrahlionenquelle ausgehender Ionenstrahl über ein Blendensystem nach Er-

mittlung der Korrekturwerte definiert beeinflusst auf die Festkörperoberfläche auftrifft, dadurch gelöst, daß die Beeinflussung des Ionenstrahls über die Lage-, Form- und Öffnungszeitvariation des aus mindestens drei unabhängig voneinander auf einer Geraden bewegbaren Blenden bestehenden Blendensystems über eine Simulationsbearbeitungsstrategie von einem Digitalrechner-Stellgiedsystem betätigt, erfolgt und die Simulationsbearbeitungsstrategie des Digitalrechners ausgehend von den Korrekturdaten sowie unter Berücksichtigung von Ionenstrahlparametern, Materialeigenschaften, Oberflächenform und der geforderten Genauigkeit derart ermittelt wird, daß in einem ersten Verfahrensschritt die Lagebestimmung der Ionenstrahlbegrenzungen eines Bearbeitungsfensters so erfolgt, daß ein absolutes oder relatives Maximum der Korrekturfläche eingeschlossen ist und bei einer entsprechend der Endwelligkeit fest vorgegebenen Ätzschriftzeit ein absolutes Minimum der gesamten Korrekturfläche nicht unterschritten wird, in einem zweiten Verfahrensschritt eine Simulation des Abtrages der Festkörperoberfläche um einen Betrag der angestrebten Endgenauigkeit oder um einen vorgegebenen Bruchteil dieses Wertes unter Berücksichtigung einer durch die Strahldivergenz bedingten Erosion auch außerhalb der physikalischen Fenster Grenzen sowie der Abhängigkeit der Ätzgeschwindigkeit von der Oberflächenkrümmung vorgenommen wird, in einem dritten Verfahrensschritt die Bestimmung eines neuen absoluten oder relativen Maximums auf der teilkorrigierten Festkörperoberfläche oder innerhalb eines definierten angrenzenden lokalen Bereiches erfolgt und daraufhin die Verfahrensschritte eins bis drei solange wiederholt werden, bis alle Höhenwerte der Festkörperoberfläche die zulässige Endrauigkeit unterschreiten.

Nach der Durchführung der einzelnen Verfahrensschritte werden die Blendensteuerdaten, wie Positionen und Stillstandszeiten gespeichert oder direkt an die Stellantriebe der Blenden weitergegeben. Unter Einsatz der Rechentechnik läßt sich der Gesamtablauf des Realprozesses zeitlich optimieren. Dieser Prozeß kann wahlweise durch Sortieren der Fenster mit dem Ziel der Minimierung des Fahrweges der Blenden, durch Unterdrückung des Schließens zwischen zwei Fenstern bei im Vergleich zur Blendenfahrzeit langen Ätzzeiten und/oder durch Realisierung des Schlitzverschuß-Prinzips bei Fenstern für im Vergleich zur Blendenfahrzeit kurzen Bearbeitungszeiten, erfolgen. Bei Verzicht auf eine nachträgliche Zeitoptimierung sowie eines hinreichend schnellen Simulationsrechners kann der Realprozeß auch simultan ablaufen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit gegenüber konventionellen Verfahren eine zeitoptimierte Oberflächenbearbeitung, angepaßt an die erforderlichen Genauigkeitsanforderungen.

In einem nachstehenden Ausführungsbeispiel soll das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert werden. Ein in der Form  $h = -79,1 \cdot r^3 \cdot \cos\beta$  ( $0 < -r < = 1$ ,  $0 < -\beta < = 360^\circ$ , Polarkoordinaten) vorgegebenes Höhenprofil soll in eine Sphärenfläche aus Glas mittels Ar-Ionenbeschuß (Ionenenergie 600 eV, Stromdichte 0,2 mA/cm<sup>2</sup>, Durchmesser des Glaskörpers 100 mm, Krümmungsradius der zu bearbeitenden Sphäre 225 mm) übertragen werden. Die zulässige Abweichung vom Idealprofil wird mit 10% vorgegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird durch Anwendung eines 16-bit-Rechners "Amiga 1000" für die Simulation und Ermittlung der Steuerdaten, einer kommer-

ziellen Ionenstrahlätzanlage sowie durch ein zeitlich aufeinanderfolgendes Ausblenden des Ionenstrahls mittels vier voneinander unabhängig verstellbarer Blenden durchgeführt. Die notwendige Fensterfolge für 86 Einzelätzschritte wird mittels eines Computers einschließlich einer Motorsteuerelektronik sowie unter Verwendung der ermittelten Steuerdaten im Echtzeitbetrieb durch entsprechende Blendenbewegung realisiert.

#### Patentanspruch

10

Verfahren zur Steuerung der Ionenstrahlbearbeitung von Festkörperoberflächen, insbesondere zur Oberflächenkorrektur bei der Endbearbeitung optischer Funktionsflächen, wobei ein von einer Breitstrahlionenquelle ausgehender Ionenstrahl über ein Blendensystem nach Ermittlung der Korrekturwerte definiert beeinflußt, auf die Festkörperoberfläche auftrifft, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussung des Ionenstrahls über die Lage-, Form- und Öffnungszeitvariation des aus mindestens drei unabhängig voneinander auf einer Geraden bewegbaren Blenden bestehenden Blendensystems über eine Simulationsbearbeitungsstrategie von einem Digitalrechner-Stellgliedsystem betätigt, erfolgt und die Simulationsbearbeitungsstrategie des Digitalrechners ausgehend von den Korrekturdaten sowie unter Berücksichtigung von Ionenstrahlparametern, Materialeigenschaften, Oberflächenform und der geforderten Genauigkeit derart ermittelt wird, daß in einem ersten Verfahrensschritt die Lagebestimmung der Ionenstrahlbegrenzungen eines Bearbeitungsfensters so erfolgt, daß ein absolutes oder relatives Maximum der Korrekturfläche eingeschlossen ist und bei einer entsprechend der Endwelligkeit fest vorgegebener Ätzschrittzeit ein absolutes Minimum der gesamten Korrekturfläche nicht verkleinert wird, in einem zweiten Verfahrensschritt eine Simulation des Abtrages der Festkörperoberfläche um einen Betrag der angestrebten Endrauigkeit oder um einen vorgegebenen Bruchteil dieses Wertes unter Berücksichtigung einer durch die Strahldivergenz bedingten Erosion auch außerhalb der physikalischen Fenstergrenzen sowie der Abhängigkeit der Ätzgeschwindigkeit von der Oberflächenkrümmung vorgenommen wird, in einem dritten Verfahrensschritt die Bestimmung eines neuen absoluten oder relativen Maximums auf der teilkorrigierten Festkörperoberfläche oder innerhalb eines definierten angrenzenden lokalen Bereichs erfolgt und daraufhin die Verfahrensschritte eins bis drei solange wiederholt werden, bis alle Höhenwerte der Festkörperoberfläche die zulässige Endrauigkeit unterschreiten.

55

60

65